



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 31 165 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
H 02 K 19/06

R2

⑲ Aktenzeichen: 198 31 165.6
⑳ Anmeldetag: 11. 7. 1998
㉑ Offenlegungstag: 13. 1. 2000 ✓

DE 198 31 165 A 1

㉒ Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉓ Erfinder:

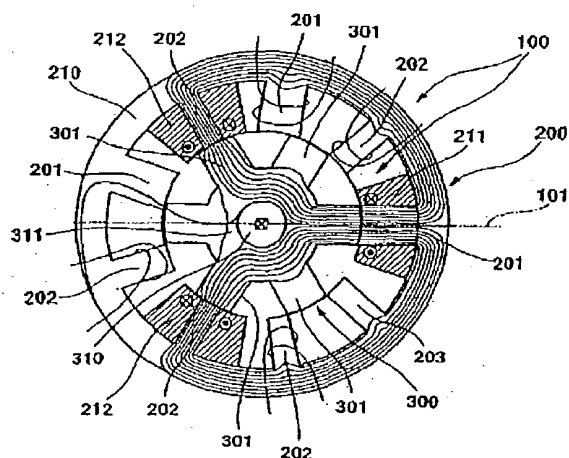
Heese, Thomas, 77815 Bühl, DE; Heidrich, Markus,
77815 Bühl, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Elektrische Maschine, insbesondere Reluktanzmotor

⑤⑤ Eine vorbekannte elektrische Maschine, die als Reluktanzmotor betreibbar ist, hat in preisgünstiger Ausführung einen Stator mit einem ringartigen Rückschlußkörper und von diesem radial einwärts ausgehend sechs Statorpolzähne und in diesem Rückschlußkörper drehbar gelagert einen Rotor mit vier Rotorpolzähnen. Erregerspulen, die den sechs Statorpolzähnen zugeordnet sind, sind so verschaltet, daß die elektrische Maschine mit drei Phasen betreibbar ist. Nachteilig ist, daß einander diagonal gegenüberliegende Statorpolzähne dann, wenn ihre Erregerspulen mit Strom versorgt werden, den Rückschlußkörper elastisch gegen den Rotor bewegen und dabei elliptisch verformen. Solche elliptischen Verformungen führen zu Geräuschabstrahlungen.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, die Anzahl von Statorpolzähnen (201, 202) und Rotorpolzähnen (301) so zu wählen, daß bei einer minimalen Reluktanz infolge Drehausrichtung des Rotors (300) relativ zum Stator (200) zwischen drei Paarungen von Statorpolzähnen (201, 202) und Rotorpolzähnen (301) drei durchflutbare Luftspalte gebildet werden. Dies hat zur Folge, daß gegenüber dem Stand der Technik nunmehr drei Bereiche des Rückschlußkörpers (210) elastisch zur Rotordrehachse (310) gezogen werden und demgemäß die elastisch verformten Zonen des Rückschlußkörpers (210) nur noch im wesentlichen 120° umfassen und demgemäß steifer wirken. Daraus ergibt sich der Vorteil, daß bei gleicher Erregungsfrequenz die Verformungen mit geringeren Amplituden und ...



DE 198 31 165 A 1

DE 198 31 165 A 1

1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, insbesondere einen Reluktanzmotor, nach der Gattung des Patentanspruches 1.

Durch die Druckschriften DE 42 12 547 C2, US 5,266,859 und WO 92/10022 sind solche als Reluktanzmotoren betreibbare elektrische Maschinen bekannt mit je einem Stator, der einen im wesentlichen ringförmigen Rückschlußkörper und von diesem radial einwärts sich erstreckende Statorpolzähne und den Statorpolzähnen zugeordnete Erregerspulen aufweist, und mit je einem Rotor, der um eine Rotorachse drehbar gelagert ist und radial auswärts gerichtete Rotorpolzähne aufweist, die in Deckung zu einem jeweiligen der Statorpolzähne ausgerichtet momentan ein Paar bilden und zwischen sich einen Luftspalt einschließen. Dabei ist an einer solcherart ausgerichteten Paarung eine minimale Reluktanz vorhanden.

Im Reluktanzmotor gemäß der DE 42 12 547 C2 hat der Rotor vier kreuzweise ausgerichtete Rotorpolzähne und der Stator besitzt sechs in regelmäßigen Winkelabständen ausgerichtete Statorpolzähne, wobei die Statorpolzähne jeweils von einer Erregerwicklung umschlossen sind. Die DE 42 12 547 C2 veranschaulicht über deren Fig. 1, daß jeweils zwei Rotorpolzähne und zwei Statorpolzähne gleichzeitig in Deckung gelangen, wodurch an einander diametral gegenüberliegenden Statorpolzähnen gleichzeitig radial einwärts gerichtete Zugkräfte entstehen, die zu einer elastischen Verformung des die Statorpolzähne untereinander verbindenden beispielsweise kreisringförmigen Rückschlußkörpers bewirkt. Nach dem Ausschalten der diese Zugkräfte bewirkenden Erregerspulen und dem Verschwinden des magnetischen Feldes an diesen Statorpolzähnen federt der Rückschlußkörper zurück in seine ursprüngliche Form und auch darüber hinaus. Bei Drehung des Rotors um eine Umdrehung wird der Rückschlußkörper sechsmal elliptisch verformt. Die elliptischen Verformungen und deren Frequenz bewirken störende Schallabstrahlungen, denen gemäß der Lehre der DE 42 12 547 C2 entgegengewirkt werden kann durch Versteifung des Rückschlußkörpers in einer anhand der Fig. 2 dieser Druckschrift beschriebenen Weise, so daß der Rückschlußkörper außen sechseckig begrenzt ist. Eine solche Versteifung erhöht die Eigenschwingungsfrequenz des Rückschlußkörpers bzw. des Stators, so daß bei gleichbleibender Erregerfrequenz bzw. gleichbleibender Motordrehzahl die angeregten Schwingungsamplituden kleiner sind mit der erwünschten Folge von weniger Geräuschentwicklung.

Der Reluktanzmotor gemäß der US 5,266,859 hat ebenfalls vier Rotorpolzähne und sechs Statorpolzähne sowie einen kreisringförmigen Rückschlußkörper, von dem die Statorpolzähne radial einwärts ausgehen. Zur Verminderung von Betriebsgeräusch sind gestanzte Bleche, aus denen der Rotor und auch der Stator zusammengesetzt ist, schraubenartig gegeneinander verwunden zu Paketen zusammengefaßt, wodurch die elastischen Verformungen von Blechen des Stators oder/und Rotors zeitversetzt erfolgen und ebenfalls eine Geräuschminderung zustandekommt.

Der Reluktanzmotor gemäß der WO 92/10022 hat einen Stator mit einem kreisringartigen Rückschlußkörper und von diesem einwärts ausgehend zehn Statorpolzähne in regelmäßigen Winkelabständen. Ein Rotor dieses Reluktanzmotors hat acht Rotorpolzähne, von denen jeweils zwei einander benachbarte zu Paaren zusammengefaßt sind mit einem Winkelabstand, der demjenigen der Statorpolzähne entspricht. Im Betrieb dieses Reluktanzmotors sind in Drehstel-

2

lungen des Rotors, die minimale Reluktanz verursachen, vier Luftspalte magnetisch durchflutet, wobei paarweise einander diagonal gegenüberliegende Statorpolzähne radial einwärts belastet sind und der Rückschlußring des Stators demzufolge eine im wesentlichen elliptische elastische Verformung erhält, die ebenfalls Ursache von Geräuschabstrahlung ist. Das Vorhandensein von wiederkehrend vier Luftspalten ist für eine Drehmomentabgabe des Rotors förderlich.

Vorteile der Erfindung

Die elektrische Maschine, insbesondere Reluktanzmotor, mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 hat den Vorteil, daß radial einwärts gerichtete Kräfte von Statorpolzähnen, die am Rückschlußkörper wirksam werden, anstelle einer im wesentlichen elliptischen Verformung des Rückschlußkörpers gemäß dem Stand der Technik nun eine Verformung bewirken mit einer Gestalt, die eine Ähnlichkeit aufweist mit einem Dreieck, das aber stark gerundete Krümmungsbereiche anstelle von Ecken aufweist. Erkennbar wird, daß der Rückschlußkörper unter der Einwirkung von Statorpolzahnkräften drei stärker verkrümmte Zonen und drei weniger verkrümmte Zonen im Bereich der Luftspalte erhält. Demgemäß verhält sich der Rückschlußkörper bzw. der Stator biegesteifer und hat bei vergleichbaren Abmessungen ein Schwingungsverhalten mit höherer Eigenfrequenz. Dies hat den Vorteil, daß ein größerer Abstand zwischen einer vorgegebenen Erregerfrequenz, die elektromagnetisch bedingt ist, und der Eigenresonanz des Stators resultiert mit der Folge, daß eine Schwingungsanregung über elektromagnetische Kräfte weniger wirksam ist und weniger Geräusch verursacht.

Weniger radiale Einfederung des Rückschlußkörpers hat auch weniger Luftspaltänderung und damit kleinere hochfrequente Fluktuationen von in Umfangsrichtung auf den Rotor wirkenden Kräften und damit geringere hochfrequente Fluktuationen von Drehmomenten zur Folge.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen der im Patentanspruch 1 angegebenen elektrischen Maschine, insbesondere Reluktanzmotor, möglich.

Die Weiterbildung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 2 hat den Vorteil, daß auf die beiden Rotorpolzähne mit den kleineren Querschnitten wirkende magnetische Kräfte im wesentlichen halb so groß sind wie diejenige Kraft, die vom Statorpolzahn mit dem größten Querschnitt ausgeht. Anders ausgedrückt: Magnetischer Fluß durch einen breiten Statorpolzahn wird im Rückschlußkörper aufgeteilt auf zwei im wesentlichen spiegelbildlich verlaufende Flüsse, die durch die Statorpolzähne mit den kleineren Querschnitten und dabei mit im wesentlichen gleicher Flußdichte wie im großen Statorzahnquerschnitt zum Luftspalt und durch diesen in den Rotor und schließlich durch einen weiteren Luftspalt zu dem erwähnten Statorpolzahn mit dem großen Querschnitt verlaufen. Dies ist eine vorteilhafte elektromagnetische Ausnutzung der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine mit dem Vorteil von guter Drehmomentabgabe dieser elektrischen Maschine.

Durch die in den Ansprüchen 3 bis 7 angegebenen Merkmalskombinationen sind fünf unterschiedliche Ausführungsbeispiele konkret angegeben. Aus diesen fünf Ausführungsbeispielen kann dann der Antriebsfachmann auswählen beispielsweise zwischen dreiphasig zu betreibenden Ausführungen gemäß den Ansprüchen 3, 5 und 6 oder vierphasig zu betreibenden Ausführungsbeispielen gemäß den Ansprüchen 4 und 7. Bekannt ist, daß elektronischer Schaltungsaufwand für dreiphasige Betriebsweise preisgünstiger

DE 198 31 165 A 1

3

ist als für vierphasige Betriebsweise. Andererseits ist aber durch Betrieb mit vier Phasen eine gleichmäßigere Drehmomenterzeugung zu erwarten.

Zeichnung

Fünf Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Fig. 1 bis 5 schematisiert dargestellt.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Ein in der Fig. 1 dargestelltes erstes Ausführungsbeispiel einer elektrischen Maschine 100, die als Reluktanzmotor betreibbar ist, besitzt einen Stator 200 und einen Rotor 300.

Der Rotor 300 besitzt eine Rotordrehachse 310 und radial zu dieser ausgerichtet sechs Rotorpolzähne 301. Die Rotorpolzähne 301 sind miteinander verbunden über einen nach Art einer Nabe und mit den Rotorpolzähnen 301 einstückig ausgebildeten Magnetflußleitkörper 311. In an sich bekannter Weise sind die Rotorpolzähne 301 zusammen mit ihrem Magnetflußleitkörper 311 aus Stanzschnitten, die beispielsweise aus Dynamoblech bestehen, geschichtet. Die Rotorpolzähne 301 haben unter sich gleiche Winkelabstände. Infolge der Zahl 6 betragen die Winkelabstände 60°.

Der Stator 200 hat einen im wesentlichen ringartigen geschlossenen Rückschlußkörper 210 und von diesem radial einwärts ausgehende erste Statorpolzähne 201 und ebenfalls radial einwärts ausgehende zweite Rotorpolzähne 202. Dabei kann der Stator 200 ebenfalls in an sich bekannter Weise aus Stanzschnitten, die aus beispielsweise Dynamoblech bestehen, geschichtet sein.

Es sind drei erste Statorpolzähne 201 vorhanden mit einer in Umfangsrichtung des Rotors 300 sich erstreckenden Abmessung, die im wesentlichen derjenigen der Rotorpolzähne 301 entspricht. Zur weiteren Erläuterung des Aufbaus der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine wie Reluktanzmotor ist eine Bezugsebene 101 durch die Rotordrehachse 310 und dabei auch durch die Mitte eines der ersten Statorpolzähne 201 gelegt. In der Fig. 1 ist dies der rechts von der Rotordrehachse 310 befindliche erste Statorpolzahn 201. In Winkelabständen von jeweils 120° ausgehend von diesem ersten Statorpolzahn 201 und dabei auch von der Bezugsebene 101 sowohl im Uhrzeigersinn als auch gegen den Uhrzeigersinn sind zur Bezugsebene 101 spiegelbildlich zweite Statorpolzähne 202 angeordnet. Aus der Fig. 1 ist ersichtlich, daß zu diesen zweiten Statorpolzähnen 202 Rotorpolzähne 301 ausgerichtet sind.

Dem ersten Statorpolzahn 201 ist eine Erregerspule 211 zugeordnet. Im Beispiel sind auch den zweiten Statorpolzähnen 202 Erregerspulen 212 zugeordnet. Die Erregerspulen 211 und 212 sind so gewickelt und verschaltet, daß sie eine sogenannte Phase bilden und dabei gemäß den durch Kreuze in Kreisen und Punkten in Kreisen angegebenen Stromrichtungen einen Magnetflußverlauf erzeugen, der in der Fig. 1 dargestellt ist und im wesentlichen spiegelbildlich zur Bezugsebene 101 sich ausbildet. In der Fig. 1 ist des weiteren dargestellt, daß die zweiten Statorpolzähne 202 in Umfangsrichtung des Stators 200 im wesentlichen nur die halbe Abmessung haben wie erste Statorpolzähne 201. Infolgedessen sind magnetische Flußdichten in Luftspalten zwischen Rotorpolzähnen 301 und einem ersten Statorpolzahn 201 sowie der Summe von zwei zweiten Statorpolzähnen 202 im wesentlichen gleich groß, so daß von zwei zweiten Statorpolzähnen 202 im Falle der Bestromung der Erregerspulen 211 und 212 auf den Rotor 300 Kräfte ausgeübt werden, die halb so groß sind wie eine Kraft im Bereich des Luftspaltes zwischen dem Rotor 300 und dem ersten Statorpolzahn 201. Im vorliegenden Beispiel sind bei Erregung

4

der Magnetspolen 211 und 212 aufgrund der drei Paare von wirksamen Rotorpolzähnen 301 und Statorpolzähnen 201, 202 drei zur Rotordrehachse 310 gerichtete Kräftekomponenten wirksam, die eine radial einwärts gerichtete elastische Verformung des Rückschlußringes 210 verursachen. Aus diesem Grund hat ein unter dieser Anregung stehender Stator 200 ein Schwingverhalten, das sich von dem in der Beschreibungseinleitung genannten Stand der Technik unterscheidet. Erkennbar sind anstelle von zwei schwingenden Zonen im Stand der Technik, die sich auf jeweils 180° des Umfangs eines Stators erstrecken, nunmehr drei schwingende Zonen mit im wesentlichen 1200 Erstreckung vorhanden mit dem Vorteil eines steiferen Verhaltens, was zu einer höheren Eigenfrequenz führt und bei vorgegebener Erregerfrequenz zu weniger großen Schwingungsamplituden und weniger Geräuschabstrahlung führt.

Der Einfachheit halber sind lediglich die drei Erregerspulen 211, 212 dargestellt für die drei Luftspalte, die in der gezeichneten Stellung des Rotors 300 den stärksten magnetischen Fluß zu erzeugen vermögen und den drei wirksamen Paaren von Rotorpolzähnen 301 und Statorpolzähnen 201, 202 zugeordnet sind. Es ist selbstverständlich, daß den anderen Statorpolen ebenfalls Spulen zugeordnet sind, die der Übersichtlichkeit halber hier nur per Andeutung von nicht bezeichneten Windungen dargestellt sind.

Das zweite Ausführungsbeispiel einer elektrischen Maschine 100a gemäß der Fig. 2 weist radial zu einer Rotordrehachse 310 ausgerichtet einen Rotor 300a auf mit neun Rotorpolzähnen 301a. Diese Rotorpolzähne 301a sind regelmäßig mit 40° Abstand zueinander ausgerichtet. Ein Stator 200a weist vier erste Statorpolzähne 201a des breiteren Typs und acht zweite Statorpolzähne 202a des schmalen Typs auf. Dabei haben die Statorpolzähne regelmäßige Winkelabstände von 30° und die Abfolge ist die, daß auf einem ersten Statorpolzahn 201a zwei zweite Statorpolzähne 202a folgen. Erkennbar ist also auch, daß breite erste Statorpolzähne 201a zueinander jeweils Abstände von 90° aufweisen und dem Stator 200a zugeordnete Spulen, die nicht dargestellt sind, zu vier Phasen verschaltet sind. Gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 1 ist also ein etwas höherer elektronischer Aufwand zum Betrieb der elektrischen Maschine 100a als Reluktanzmotor notwendig. Andererseits sind in vorteilhafter Weise Drehwinkel von Phase zu Phase kleiner.

Das dritte Ausführungsbeispiel einer elektrischen Maschine wie Reluktanzmotor 100b gemäß der Fig. 3 weist einen Rotor 300b auf mit fünf Rotorpolzähnen 301b in regelmäßigen Winkelabständen. Des weiteren weist dieser Reluktanzmotor 100b einen Stator 200b auf mit drei ersten Statorpolzähnen 201b des breiteren Typs und mit sechs zweiten Statorpolzähnen 202b des schmalen, also nur etwa den halben Querschnitt aufweisenden Typs. Unter sich haben die ersten und also breiteren Statorpolzähne 201b Abstände von jeweils 120°. Jeweils zwei dazwischenliegende zweite Statorpolzähne 202b des schmalen Typs haben unter sich Winkelabstände von jeweils 24°. Daraus ist erkennbar, daß nicht dargestellte Erregerspulen wie beim Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 1 zu drei Phasen verschaltet werden.

Auch dieses Ausführungsbeispiel weist in der dargestellten reluktanzarmen Stellung des Rotors 300b innerhalb des Stators 200b drei durchflutete Luftspalte auf, die hier jeweils Winkelabstände von 72° haben. Es ist auch hier erkennbar, daß eine andere Form der elastischen Verformung als im Stand der Technik zustandekommt, was einer Geräuschentwicklung entgegenwirkt.

Das vierte Ausführungsbeispiel der elektrischen Maschine bzw. des Reluktanzmotors 100c gemäß der Fig. 4 besitzt wie das Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 3 fünf Ro-

DE 198 31 165 A 1

5

6

torpolzähne 301c. Der Stator 200c besitzt wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 drei erste Statorpolzähne 201c des breiten Typs mit unter sich gleichen Winkelabständen von jeweils 120°. Sechs weitere zweite Statorpolzähne 202c des schmalen Typs weisen im Unterschied zum Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 3 nunmehr 30°-Winkelabstände auf. Erkennbar ist auch hier wieder, daß in der gezeichneten Drehausrichtung von Rotorpolzähnen 301c zu Statorpolzähnen 201c und 202c drei Luftspalte durchflutbar sind und daß nicht dargestellte Erregerspulen zu drei Phasen verschaltet sind. Aus der Fig. 4 geht hervor, daß eine Variationsmöglichkeit besteht bei der Ausrichtung wenigstens von zweiten und also den schmälern Statorpolzähnen unter sich.

Das fünfte Ausführungsbeispiel einer elektrischen Maschine bzw. eines Reluktanzmotors 100d gemäß der Fig. 5 hat an einem Rotor 300d in gleichen Winkelabständen sieben Rotorpolzähne 301d. Ein Stator 200d weist wie das Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 2 vier erste Statorpolzähne 201d des breiteren Typs und acht zweite Statorpolzähne 202d des schmalen Typs auf. Die einzelnen Statorpolzähne 201d bzw. 202d sind unter sich jeweils mit 30°-Abständen angeordnet. Auch hier ist erkennbar, daß nicht dargestellte Erregerspulen zu vier Phasen verschaltet sind und daß, wie dies der Fig. 5 entnehmbar ist, in der gezeichneten Drehausrichtung des Rotors 300d relativ zum Stator 200d drei Luftspalte magnetisch durchflutbar sind. In der Fig. 5 sind dies ein rechter Luftspalt quer zur waagerechten Bezugsebene 101 und links zwei Luftspalte bei zweiten Statorpolzähnen 202d, die unter sich einen Winkel von 60° einschließen und unter jeweils 30° symmetrisch zur Bezugsebene 101 ausgerichtet sind. Es ergibt sich auch hier wieder, daß andere elastische Verformungen als im Stand der Technik zustandekommen. Wiederum ist erkennbar, daß für eine bestimmte Drehausrichtung des Rotors 300d drei Verformungszonen vorgesehen sind, innerhalb denen elastische Verformungen stattfinden. Auch hier ist erkennbar, daß ein Widerstand gegen elastische Verformung relativ hoch ist. Auch dieses Beispiel kann deshalb zu den sich steif verhaltenden Ausführungsbeispielen mit verminderter Geräuschabstrahlung gerechnet werden.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine, insbesondere Reluktanzmotor (100), mit einem Stator (200), der einen Rückschlußkörper (210) und von diesem radial einwärts sich erstreckende Statorpolzähne (201, 202) und den Statorpolzähnen (201, 202) zugeordnete Erregerspulen (211, 212) aufweist, und mit einem Rotor (300), der um eine Rotorachse (310) drehbar gelagert ist und in unter sich gleichen Winkelabständen radial auswärtsgerichtete Rotorpolzähne (301) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl und die Ausrichtung der Statorpolzähne (201, 202) so gewählt ist, daß in Rotordrehstellungen mit minimaler Reluktanz unter Bildung von drei Paaren drei Rotorpolzähne (301) zu drei Statorpolzähnen (201, 202) ausgerichtet sind und daß dabei jeweils zwischen zwei dieser Paare voneinander mit Luftspalten gegenüberliegenden Rotorpolzähnen (301) und Statorpolzähnen (201, 202) sich wenigstens einer der nicht zu diesen Paaren gehörenden Statorpolzähne (201, 202) befindet.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine durch die Rotorachse (310) und dabei auch durch eine Mitte eines ersten Statorpolzähnes (201) gelegte Bezugsebene (101) eine Symmetrieebene ist, zu der die beiden anderen, zweiten Statorpolzähne (202) der drei Paare spiegelbildlich ausgerichtet

sind, und daß die Querschnitte der beiden zweiten spiegelbildlich ausgerichteten Statorpolzähne (202) im wesentlichen halb so große Flächen einschließen als diejenige Fläche, die ein Querschnitt des die Ausrichtung der Symmetrieebene (101) bestimmenden ersten Statorpolzähnes (201) umschließt.

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (300) sechs Rotorpolzähne (301) aufweist und der Stator (200) neun Statorpolzähne (201, 202) mit im wesentlichen 40° Winkelabständen.

4. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (300a) neun Rotorpolzähne (301a) und der Stator (200a) zwölf Statorpolzähne (201a, 202a) mit Winkelabständen von im wesentlichen 30° aufweist.

5. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (300b) fünf Rotorpolzähne (301b) und der Stator (200b) neun Statorpolzähne (201b, 202b) mit Winkelabständen von im wesentlichen 48° oder im wesentlichen 24° aufweist.

6. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (300c) fünf Rotorpolzähne (301c) und der Stator (200c) neun Statorpolzähne (201c, 202c) aufweist, wobei unterschiedliche Winkelabstände zwischen den Statorpolzähnen (201c, 202c) im wesentlichen 30° oder im wesentlichen 45° betragen.

7. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (300d) sieben Rotorpolzähne (301d) und der Stator (200d) zwölf Statorpolzähne (201d, 202d) aufweist und Winkelabstände zwischen den Statorpolzähnen (201d, 202d) im wesentlichen 30° groß sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

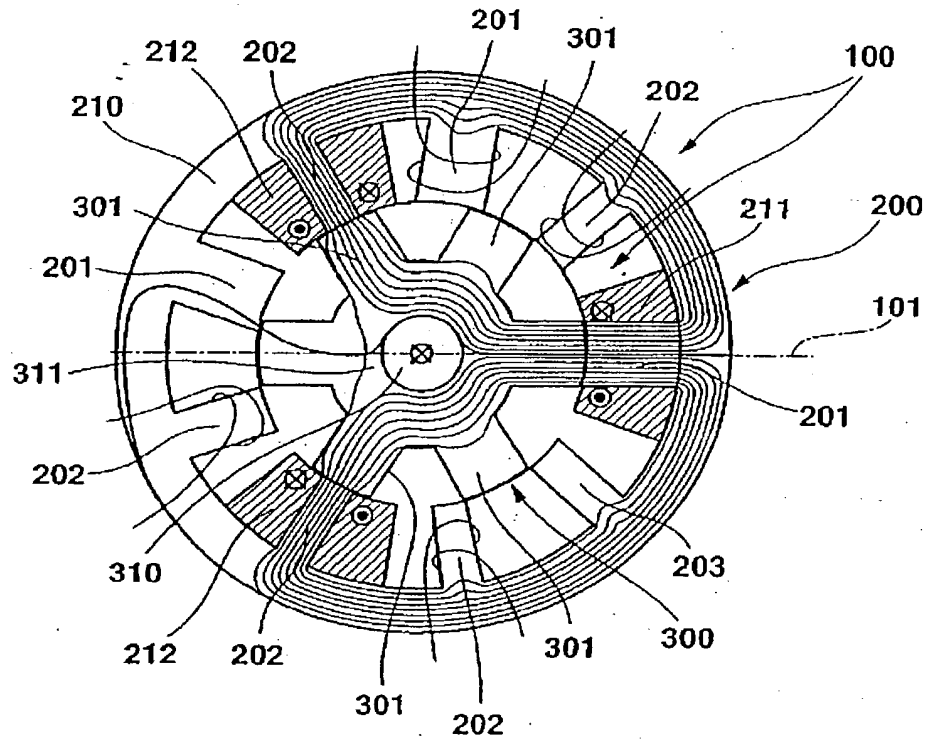
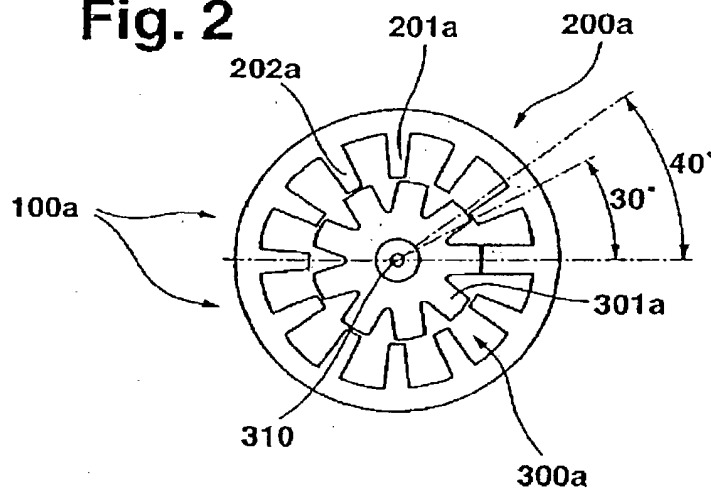
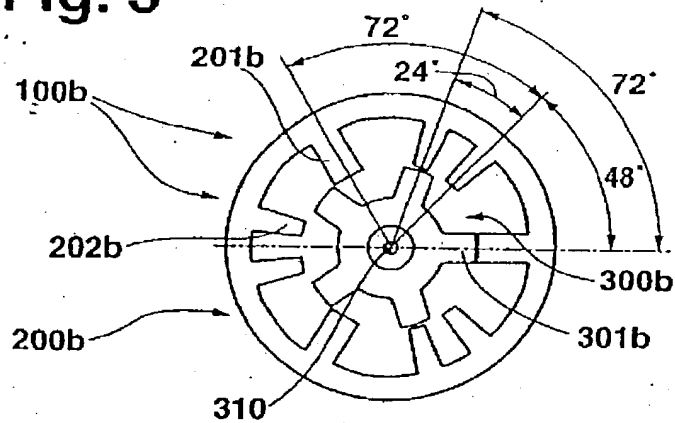
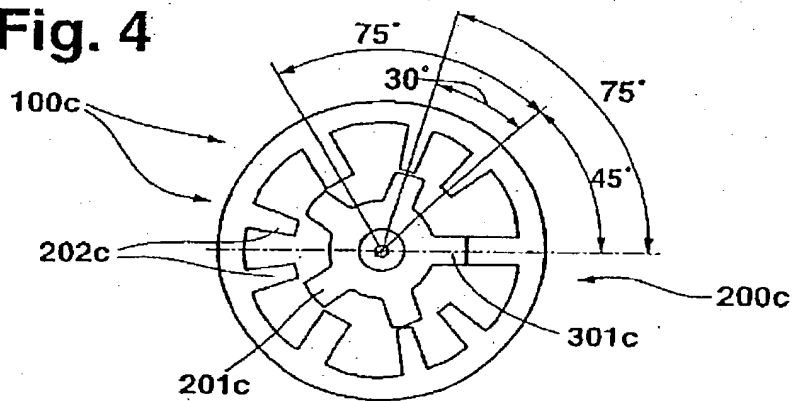
Fig. 1**Fig. 2**

Fig. 3**Fig. 4****Fig. 5**